

## A foszforsav lekötődése a talajban

FÁBRY GYÖRGYNÉ

*Agrokémiai Kutató Intézet Talajkémiai Osztálya, Budapest*

### Bevezetés

A növényeknek fejlődésükhöz tápanyagokra van szükségük. A legtöbb tápanyagból felvehető formában elegendő van a talajban. Foszforból, káliból és nitrogénből azonban olyan sokat kívánnak a növények, hogy ezt a három tápanyagot pótolnunk kell. A pótlendő tápanyagok közül egyik legfontosabb a foszforsav (4).

A kérdés az: mennyi foszforsav tápanyagot és milyen formában kell a talajnak tartalmaznia, hogy a növények szükségletét fedezni tudja. A talajtan végső célja ezekre a kérdésekre megadni a feleletet. E cél eléréséhez meg kell vizsgálnunk a trágyázott talajokat trágyázatlanokhoz képest vagyis adszorpciós vizsgálatokat kell végeznünk.

### I. A talaj foszforsav adszorpciója

A foszforsav adszorpciója a talajban rendkívül bonyolult. Sokan foglalkoztak vele behatóan. Az irodalomban az erre vonatkozó fejtegetések egész adathalmazt eredményeztek, azonban átfogó munka, mely a talaj foszforsav adszorpciójával foglalkozna nincsen. Így a meglévő részlet-adatokból igyekeztem tájékozódni:

1. a talaj foszforsav kötéséről,
2. a talaj foszforsav adszorpciójának a mechanizmusáról és
3. az adszorpciót meghatározó tényezőkről.

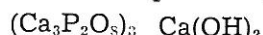
#### *1) A talaj foszforsav kötéséről*

RUSSEL szerint (41) a foszfor háromféle kötésben fordul elő a talajban:

- a) anorganikus,
- b) organikus,
- c) talajjal együtt keletkezett állandó kötésben.

Anorganikus foszforvegyületek semleges vagy majdnem semleges reakciójú talajokban két lehetséges formában vannak a kalciumhoz kötve. Mégpedig, ha a kalcium aránylag kisebb mennyiségű, oldódó kötésben, ha

a kalcium feleslegben van, akkor kevésbé oldódó kötés keletkezik. RUSSEL (41) utal BASSETT-re, aki kimutatta, hogy normális körülmények között a kalciumhoz kötött foszforsav hidroxipatitként fordul elő:



mely nagyon szilárd kötésforma és minden foszfátgyök hajlamos erre az átalakulásra. Ezt a jelenséget egyébként már WAY (62, 63) és WARINGTON (61) is megfigyelték.

LOHSE és RUHNKE (30) is kevésbé savanyú, illetőleg kevésbé lúgos közegben a hidroxipatitot tartják a foszforsav egyetlen stabil vegyületének. A hidroxipatit mellett szerintük a dikalciumfoszfát is sokáig változatlan marad a talajban, mivel a dikalciumfoszfát P-ja csak erős savak Ca sójával válik oldhatatlanná, HIBBARD (25) vizsgálatai azt mutatják, hogy nem a dikalciumfoszfát, hanem a monokalciumfoszfát válik kisebb mértékben oldhatatlanná. Azonban a  $\text{P}_2\text{O}_5$ -nek monokalciumfoszfát alakjában való megkötését ő is labilisnak tartja.

GERICKE (24) is azt tapasztalta, hogy a Ca-al túltelített mészfoszfátok a talajban  $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$ -á és hidroxipatittá alakulnak. A kalciumfoszfátok átalakulását a talajban CAMERON és BELL (11) vizsgálták meg és úgy találták, hogy a monokalciumfoszfát szabad  $\text{H}_3\text{PO}_4$  lehasadása közben alakul át dikalciumfoszfáttá.

A közeg kémhatását illetően BRITTON adatai szerint (10) 5.5 pH alatt a mono- és dikalciumfoszfát oldatban van, tehát a foszforsav mésszel nem csapódhat ki.

GERICKE (23) a talajban képződő vízben oldhatatlan foszfátok között a mészfoszfátokat találta legkönnyebben oldatba vihetőnek, tehát a növények számára legkönnyebben hozzáférhetőnek.

TEAKLE (56) úgy találta, hogy lúgos reakciónál a normális foszfátok bázisos foszfátokká alakulhatnak.

Savanyú reakció esetén a foszforsav vassal és alumíniummal alkot kötéseket (13, 28, 29, 55, 56, 60). Vas- és alumíniumfoszfátok főként ott keletkeznek, ahol a talaj nem tartalmaz elegendő meszet (19, 31). Savanyú közegben a mész a vas- és alumíniumfoszfátokat szétbontja, kiválik a vas- és alumíniumoxid miközben nehezen oldódó kötések keletkeznek (20). Tehát a foszforsav oldódásakor két ellentétes irányú reakció folyik le: a foszfátok oldódnak, majd vas- és alumíniumvegyületek alakjában újra kicsapódnak (42). ASKINASI-nak és JARUSOV-nak (3) ezt nem sikerült bebizonyítaniok.

COLEMAN vizsgálatai szerint (12) a foszforsav a durvább frakciókban teljesen vas- és alumíniumoxidokhoz van kötve.

Természetesen a foszforsavnak vas- és alumínium által történő lecsapása függ a talajok pH számától (17). lúgos anyagok fokozzák a vas- és alumíniumfoszfátok oldódását olyannyira, hogy még a vizoldható  $\text{P}_2\text{O}_5$  mennyisége is megnövekedhetik (2). A degradált csernozjom P tartalmának oldhatósága a pH szám növekedése közben fokozódik, ha az adszorpciós komplexust alkáli fémekkel telítjük (54).

5 pH-nál a szeszkvioxidok már nem csapnak le foszforsavat, lúgosabb közegben a Ca alkot oldhatatlan vegyületet a foszforsavval, de lehet-

séges, hogy bázisos vas- és alumíniumfoszfátok képződnek (8). A foszforsav lekötése szeszkvioxidok képződése folytán 5.5 pH-nál történik, 6.5 pH-nál már a kalcium csapja le (6, 9, 19, 31, 59, 60).

SCHOLLENBERGER (44, 45) az általa vizsgált talajokban a foszforsav 1/3-át organikus kötésben találta. Megállapítása szerint az organikus foszforvegyületek kisebb része anorganikus foszfáttá alakul. WOJTSIAKOWA (68) vizsgálatai szerint a foszforsav adszorpciójában a szervesanyagnak is része van. A foszforsavnak humuszanyagok által, adszorpció útján történő megkötését szintén figyelemre méltónak tartják (18).

A foszforsav másik harmada a talajban keletkezett állandó kötési és csak nagyon lassan vagy egyáltalán nem változik.

## 2) A talaj foszforsavadszorpciójának a mechanizmusáról

Az adszorpciós jelenségek hordozói a talajokban az agyag és humuszkomplexusok : okozói a bázisok. A foszforsav viselkedése a talajban főként adszorpciós jelenségekre vezethető vissza. Ez a megállapítás nem új 'SIGMOND szerint (50) GAZZERI már a múlt század elején megállapította, hogy a talaj a belejutott oldható növényi tápanyagokat visszatartja és részenként adja át a növénynek. WAY (62), 63) ammoniák viselkedéséből nyert eredményei alapján ezt a kicseréléssel kapcsolatos folyamatot kémiai minősíti és az adszorpciós erőt az agyagos résznek tulajdonítja. SCHREINER és FAILYER (49) már 1906-ban a foszforsav adszorpciós lekötéséről írtak, amikor foszforsav oldatot talajjal hoztak össze. WHEELER és ADAMS (64, 65) szintén már 1906-ban említik a foszforsavadszorpciót szerves talajokkal kapcsolatban. DOMINICIS (15) 1915-ben arról írt, hogy az anionokat éppen úgy adszorbeálják az elektropozitív, mint a kationokat az elektronegatív talajalkatrészek. WOLKOFF (69) szerint az adszorpció olyan erős lehet, hogy az adszorbtíve kötött foszforsav oldhatósága nem nagyobb a nyersfoszfátokénál. A. H. MEYER (32) pedig 1930-ban azt írta, hogy a foszforsav lekötésére elsősorban vasvegyületek jönnek tekintetbe. ROSSMANN (40) vizsgálatai azt mutatják, hogy az elektrodializált agyag 3.5 pH mellett sok foszforsavat kötött le : szerinte ez csak fizikai adszorpció által lehetséges különben a  $\text{FePO}_4$  feloldódna. RAVIKOVITCH (39) vázlatos leírását adja a foszforsavadszorpció mechanizmusának, melynek a lényege szerinte a kicserélési folyamat a  $\text{PO}_4$ - és a  $\text{OH}$ -ionok között. RATNER (38) a foszforsav lekötését a talajban elsősorban az adszorpciónak tulajdonítja : kémiai lecsapódás csak akkor lép fel, ha az anion adszorpciós kapacitás foszforsavval már telítve van. KÜHN (27) vizsgálatai alapján a foszforsavat legalább is részben adszorpciós kötésben és viselkedéssel tételezi fel. Ha az adszorpciót csak járulékos tulajdonságnak tekintjük, akkor RUSSEL szerint (42) TURNER készen alkalmazott módszerével vizsgálhatjuk :

$$A = a + bC + cH$$

képlet alapján, amely képletben  $A = 100$  rész talaj által adszorbeált mennyiség,  $b =$  súlyegységnyi agyag adszorpciója,  $C =$  az agyag százaléka,  $c =$  súlyegységnyi humusz adszorpciója,  $H =$  a humusz százaléka és  $a =$  a visszamaradó talaj adszorpciója.

Az oldható anyagok adszorbcíója a talajban három részletreakcióban folyik le :

- a) a bázis kicserélése,
- b) anyagok kiválása, amelyek azután valamely talajalkotórésszel oldhatatlan kötést alkotnak,
- c) más reakciók, amelyek az oldható anyag visszatartását vagy kolloidokat eredményeznek.

A kationok csak az első reakcióban vehetnek részt, az anionok pedig csak a másodikban. A  $\text{NO}_3$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3$  és a  $\text{OOC.CH}_3$  savgyökök nem adszorbeálódnak. A foszfát-ion adszorbeálódik s ennek a ténynek a talaj és növény viszonyában nagy jelentősége van : ha oldható foszforsavat adunk a talajhoz a foszfát kiválik és egyszerű módon sem sav, sem növény által nem nyerhetjük vissza. Az adszorbcíó akkor is megtörténik, ha a talajt savanyú foszfátoldattal hozzuk össze (43).

Az anionok elnyelése kémiai úton (pozitív töltésű kolloidoknak és a sók anionjainak cserereakciója) jön létre és csak kivételes esetekben fizikai kémiai úton. A vashidroxidkolloidoknál — jóllehet bonyolult jelenség, mégis — a fizikai-kémiai adszorbcíó uralkodik az adszorbcíó többi módja felett. A negatív töltésű humuszkolloidok foszforsav adszorbcíójának a mechanizmusa még csak kevéssé ismeretes, azonban annyi már ismeretes, hogy a humuszkolloidok a foszforsav anionokat fizikai-kémiai adszorbcíón kívül cserereakció nélkül is adszorbeálhatják, amelynek következtében organikus vegyületek képződnek és ezek az organikus vegyületek a vízben oldható foszforsavat lekötik (1).

### 3) Az adszorbcíót meghatározó tényezőkről

A talaj foszforsavadszorbcíó képességére vonatkozóan a különböző kutatók sok és többirányú vizsgálatokat végeztek. RAUTERBERG a talaj mechanikai összetétele és a foszforsav viselkedése között vizsgálta az összefüggéseket és eredményei alapján megállapította, hogy az összes foszforsav csaknem teljes egészében a finom talajrészecskékben van és ezek a finom részecskék szabályozzák az adszorbcíós törvények szerint a foszforsav forgalmát s fordítva, az adszorbcíós erők megváltoztatásával a foszforsav mozgékonyágát befolyásolni lehet (34).

Ugyancsak RAUTERBERG vizsgálatai alapján összefüggést talált a talajok tápanyag szükséglete (NEUBAUER szerint) és a talaj foszforsav adszorbcíó képessége között : kisebb NEUBAUER-számok esetén a talajok híg, közömbös kémhatású foszfátoldatból sok foszforsavat adszorbeálnak és 10-nél nagyobb NEUBAUER-számnál a talajok adszorbcíóképessége csekély (35). A talaj adszorbcíóképességének további kutatására RAUTERBERG különböző koncentrációjú foszfátoldatokkal végzett vizsgálatokat (36) és kimutatta, hogy talaj foszforsav adszorbcíójának a nagysága függ a foszfátoldat töménységétől. Minél töményebb a foszfátoldat, annál több foszforsav adszorbeálódik. Csekély foszfátkoncentráció esetén a talajban előforduló foszforsav befolyásolja a talaj adszorbcíóképességét.



A lőszben főleg kémiailag, a csernozjomban pedig főként fizikailag kötődik le a foszforsav (68).

Mész + szervesstrágya hatására az adszorbcio erősen csökken mivel az oldható foszforsav mennyisége megnövekedett (53). A talajok hasonlóan a vasoxid-gélekhez izoelektromos ponton (kb. 5.9 pH) adszorbeálják a legtöbb foszforsavat (58). A pozitív töltésű Fe-oxihidráttal adszorbeált foszforsav a növények számára kevésbé felvehető, ellenben ha a gél töltése negatív, akkor az adszorbeált foszforsavat a növények jobban tudják hasznosítani. Feltételezhető azonkívül egy molekuláris adszorbcio is (14, 21, 67). Az ilyenmódon kötött foszforsavat a szervesanyagok kicserélik viszont a foszforsav is kicserélhet hasonló adszorbeált ionokat.

BEATER (7) a  $\text{OH-PO}_4$  ion kicserélődésnek tulajdonít fontosságot. A talajba jutott foszforsav egy része reakcióba lép a szabad  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -al, a másik része adszorbeált ionokat szorít ki ( $\text{SiO}_4$ -at és  $\text{OH-t}$ ) (59). A foszforsav oldódása és adszorbcioja a talajban a kedvező méz-, humusz- és művelési állapottól függ (33).

ADJERICHI (1) talajból kivont humuszkolloidokkal, mesterségesen előállított szerves kolloidokkal sol és gél alakban — dializáltan és nem dializáltan — végzett foszforsavadszorbcios vizsgálatokat. A foszforsavat kalciumfoszfát alakjában adta a rendszerhez. Eredményei azt mutatják, hogy valamennyi kolloidnak nagy az adszorbcioképessége de a kolloidok között is az ásványkolloidoknak háromszor olyan nagy az adszorbcioképessége mint a szerves kolloidoknak. Sol alakban a kolloidok több foszforsavat adszorbeálnak mint gél alakban. A dializált humuszosok és humuszgélek ismét több foszforsavat adszorbeálnak, mint a nem dializáltak, ami a kolloidok koagulációs jelenségével függ össze. Minél teljesebb a humuszkolloidok koagulációja, annál nagyobb az adszorbcioképességük.

A  $\text{PO}_4$  adszorbcioja kolloid agyagon kalcium és nátrium jelenlétében 3.0 vagy 4.0 pH-nál éri el a maximumot és 9.0 pH-nál van a minimuma (37, 40). A szervesanyagok (gelatin, glicerin, dextroze, fenilhidrázin stb.) zavarják illetve késleltetik a foszforsav adszorbcioját (30). A szuperfoszfát magában jobban adszorbeálódik mint méz jelenlétében : még sokkal több marad oldható állapotban, ha a talaj istállótrágyát is kapott (52).

A talaj foszforsav adszorbcioját az idő is befolyásolja, amennyiben az adszorbcio időben lezajló folyamat. DI GLÉRIA és TELEGDY KOVÁTS (16) adszorbcios vizsgálataiknál az egyensúlyi helyzet beállítását 3 nap múlva tapasztalták. SCHÖNFELD (46) úgy tapasztalta, hogy az egyensúlyi helyzet még 10 nap múlva sem alakul ki. Egyenletei szerint az egyensúlyi helyzet bekövetkezésének ideje és az adszorbeált foszforsavmennyiség végső értékét ki lehet számítani a következő egyenletek alapján :

$$\text{I. } p = a + X$$

$$\text{II. } p + m = a + m_1 + x + m_2 = a_1 + x$$

$$\text{III. } p + m' = a + m_1' + x + m_2' = a_2 + x_2$$

mely egyenletekben  $p$  = a talaj oldható foszforsav tartalma adott pH mellett : a  $p$  két komponensből tevődik össze, az oldott (a) és az adszorbeált (x) részből. Az a értéket meghatározhatjuk az x-t pedig kiszámíthatjuk.

Ha mind a három oldatban beállott az egyensúly az oldott és az adszorbeált foszforsav viszonyának mind a háromnál ugyanannak kell lennie :

$$A: x = a_1 : x_1 = a_2 : x_2$$

Amíg az egyensúly nem állott be, addig különböző  $x$  értékeket kapunk, amint az egyensúly az idő folyamán beáll, az eltérések lassan csökkennek és a csökkenés mértékéből extrapolációval kiszámíthatjuk a végső  $x$  értékét és az egyensúlyi helyzet beálltának idejét.

## II. Kísérleti rész

1946-ban és 1947-ben foglalkoztam adszorpciós vizsgálatokkal. Igyekeztem e tárgyhoz konkrét adatokat gyűjteni és kerestem azokat a tényezőket, amelyek a talajban a foszforsavadszorbción meghatározzák, ill. befolyásolják.

Vizsgálataimhoz a Magyar Országos Kémiai Intézet Mezőgazdasági Kémiai Osztályának talajmintagyűjteményéből választottam ki 6 talajt, mégpedig 3 mésszegény, savanyú és 3 szénsavas meszet is tartalmazó, lúgos kémhatású talajt. Ezeket a talajokat a szokásos módon készítettem elő, azaz légszáraz állapotban olyan finomra aprítottam, hogy a 2 mm-es szitán maradék nélkül átessék. A kiválasztott 6 talajjal az alábbi vizsgálatokat végeztem el :

- A) Általános vizsgálatokat.
- B) A könnyen felvehető foszforsav kioldását.
- C) Adszorpciós vizsgálatokat.
- D)  $\text{SiO}_2\text{-R}_2\text{O}_3$  hányados meghatározását.
- E) Összehasonlító meghatározásokat a 'Sigmond módszer' szerint oldható foszforsavval.

### A) Általános vizsgálatok

MITSCHERLICH a termelési tényezők hatásának törvénye alapján — amelyet 1925-ben vezetett be — kimondta, hogy a terménymennyiség az összes termelési tényezők függvénye. Ezek közé a termelési tényezők közé tartoznak a talaj különböző sajátságai, amelyek nemcsak közvetlenül befolyásolják a terméseredményeket, hanem közvetve is azáltal, hogy egymásra is hatnak. Az összefüggések azonban részben kevésbé, részben pedig egyáltalán nem ismeretesek. Ha azonban adszorpciós vizsgálatokat végzünk, amelyek tulajdonképpen a termésmennyiséggel, a trágyahatással, illetve a terméstöbblettel összefüggő vizsgálatok, meg kell kísérelni a talajsajátságok között a lehetséges összefüggések kimunkálását. E cél érdekében végeztem el a szokásos általános talajvizsgálatokat, amelyek szerint a kísérleti 6 talajra a következő adatokat nyertem (lásd I. számú táblázatot):

## I. táblázat

A kísérleti talajok általános vizsgálati adatai

Talajminta szám	Meszes talajok			Mészszegény talajok		
Származási hely	1 Kisba- romlaki homok súly	2 Cserhát- surányi vályog	3 Buda- keszi vályog	4 Pomázi degra- dált vályog	5 Ipolytar- nói er- dőségi talaj	6 Budake- szi anyag
H <sub>2</sub> O (légsz.) %	1.50	2.79	2.45	2.40	3.10	4.39
hy <sub>1</sub> (Ca Cl <sub>2</sub> 6 H <sub>2</sub> O) ‰	0.96	1.72	0.99	1.33	1.55	2.89
Hy (10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) %	3.67	5.25	3.89	4.72	5.98	8.17
Kötöttségi szám	30.5	45.0	40.0	38.5	44.5	57.0
Kapillaritás 10 cm vízoszlop	37.2	53.4	45.4	44.8	50.4	62.0
Kapillaritás 100 „ vízoszlop	30.2	41.0	34.8	35.2	40.0	49.0
Kapillaritás 1 atm.	24.6	34.6	29.2	27.4	32.4	41.1
Ca CO <sub>3</sub> %	1.92	2.56	7.76	—	—	—
H- aciditás y <sub>1</sub>	—	—	—	9.0	15.5	6.2
ph (vizes)	8.10	8.55	8.25	6.60	5.80	7.35
ph (KCl-os)	7.67	7.37	8.0	5.85	4.38	6.65
Humusz %	1.94	2.18	3.06	2.40	2.02	2.92
„ + Li diszp.	1.69	1.86	2.63	2.32	1.93	2.88
Egnér Pl. lakt. pH	4.35	4.15	4.50	—	4.0	—
„ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg	2.03	6.3	7.8	—	3.1	—
„ P <sub>2</sub> lakt. pH	4.03	3.87	4.09	—	3.71	—
„ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg	20.0	5.0	20.7	—	25.6	—
Kies. K. 1:2.5 mg	12.6	11.5	16.8	19.3	17.1	19.8
„ „ 1:5 mg	15.3	16.0	19.2	24.5	22.5	27.0
q (oldószer NH <sub>4</sub> Cl ¼ n)	1.70	3.06	0.93	1.37	1.76	1.68
Kies. K. (ö) mg	19.2	26.3	22.4	33.5	33.0	42.4
Nitrogén (ö) mg	0.094	0.106	0.266	0.146	0.110	0.120
Vízkapacitás	36.8	43.6	37.6	41.3	46.7	56.2
Hervadási pont	5.5	7.9	5.7	7.1	9.0	12.3
Diszponibilis víz	31.3	35.7	31.9	34.2	37.7	43.9

### B) Az oldható foszforsav meghatározása

Adszorbcíós vizsgálatokhoz elengedhetetlenül szükséges a talaj eredeti foszforsav mennyiségének, ill. foszforsav koncentrációjának az ismerete, mert csak az eredeti oldható foszforsav mennyiség és az adszorbeált foszforsavmennyiség egybevetése alapján tudjuk a talaj adszorbcíóképességét kiszámítani. Ilyképen feladatomban elsősorban az oldható foszforsav meghatározása volt.

KÜHN (27) nyomán a  $P_2O_5$  kioldására ammonkarbonátot használtam. Az ammonkarbonát egyik előnye, hogy az ammonsó jól oldódik, másik előnye, hogy  $CO_3$  ion leszorítja a  $Ca^{++}$  és  $Mg^{++}$  oldhatóságát és a foszforsav számára szabaddá teszi az oldatot, harmadik előnye, hogy maradék nélkül elűzhető és így megkönnyíti a foszforsav meghatározását. KÜHN 10%-os ammonkarbonáttal és többszöri kirázással dolgozott: az egyes kirázások eredményeit összeadva kapta a kicserélhető foszforsavat. Én nem alkalmaztam ezt a többszöri kirázást — már SCHÖNFELD (46) is elvetette — mert nehézsége mellett még az is hibája, hogy az oldható foszforsavval együtt különösen az első kioldásnál sok más oldható anyagot (humátokat stb.) is kioldunk a talajból s a további kilúgításoknál már egészen más viszonyok uralkodnak. Így nem tudjuk egy tényezőnek a kioldásra gyakorolt hatását tanulmányozni.

Az ammonkarbonáttal kioldható foszforsav meghatározásánál két tényezőt vettem figyelembe:

1. az oldószer töménységét és
2. a kilúgozás időtartamát.

Feltételeztem, hogy e két tényezőnek a változása, ill. változtatása az oldható  $P_2O_5$  mennyiségeket befolyásolja. Feltevésem megvizsgálására 3 kísérlet-sorozatot állítottam be. Az első kioldási sorozatot 1.0 n, 0.8 n, 0.5 n, 0.3 n, 0.2 n, 0.1 n töménységű oldatokkal végeztem és 1 óra rázatás után közvetlenül szűrtem. A második sorozatot hasonló normalitású oldatokkal 1 óra rázás, 1 napi állás és 1 óra rázás után szűrtem. A harmadik sorozatot pedig változatlanul ugyanolyan normalitású oldatokkal 1 óra rázás, 3 napi állás és 1 óra rázás után szűrtem.

Az első kísérlet-sorozat vizsgálatait a következő módszerrel végeztem: bemértem 5 g talajt, hozzáadtam 100 ml megfelelő normalitású ammonkarbonát oldószert és ezzel 1 órát rázattam. Rázás után leszűrtem s a szüredék 50 ml-ét vízfürdön 10 ml mésvízzel bepároltam. 600-650  $^{\circ}C$ -on a szervesanyagokat kiégettem belőlük, majd vízfürdön kétizben tömény salétromsavval szárazra pároltam, végül néhány csepp tömény salétromsavval, forró vízzel 100 ml-es normál lombikba mostam. Minden talajmintából 3-as parallelt készítettem.

Magát az oldható foszforsavat kolorimetrikusan határoztam meg a SCHUHKNECHT-WAIBEL kombinált foszfor- és káliummeghatározó készülékkel. Ez a meghatározási mód gyorsabb, egyszerűbb, mint a gravimetrikus és kevesebb anyagból lehet kiindulni, mint a gravimetrikusnál. A meghatározáshoz a bemosott foszforsavoldatból 40 ml-t megfelelő edényekbe pipettáztam. Higítás után elkészítettem a standardoldatokat olyan törzsoldatból, amelynek 1 ml-ében 1 mg  $P_2O_5$  van a SÖRENSEN-féle  $KH_2PO_4$ -ból.



Az oldatokhoz hozzáadtam 2 ml molibdénreagenst, 2 ml hidrochinon oldatot és 10 ml 10%-os nátriumsulfidot. A szulfidot olyan időközökben adagoltam, hogy egyforma hosszú ideig hasson. 1.5 óra állás után elvégeztem a kék színárnyalatok mélységének a mérését. A kapott értékeket  $P_2O_5$  mg/100 g talaj fejeztem ki. E kísérletsorozat eredményeit a II/a. táblázat foglalja magában.

A második kísérletsorozatnál lényegében ugyanolyan módszerrel dolgoztam, mint az első sorozatnál. A kapott értéket a II./b. táblázatban találjuk meg.

A harmadik kísérletsorozat módszere, a szűrés, az oldatok térfogata, bepárlás, stb. tökéletesen megegyezett az első két sorozatnál alkalmazott eljárással. Az ilyenmódon végzett kísérletekkel kapott eredményeket a II. c. táblázat mutatja.

A táblázatok adataiból levonható következtetések:

1. 1 óra rázás után a talajokból (5. kivéve) az 1.0 n. töménységű amoniumkarbonát oldószer oldotta ki a legtöbb foszforsavat. 0.2 n. töménységnél egy második maximum is jelentkezett, amely a mészszegény, savanyú talajoknál nagyobb, mint a meszes talajoknál.

2. 1 napi állás után a meszes és mészszegény talajok azonosan viselkednek: valamennyi talajból a 0.8 n.  $(NH_4)_2 CO_3$ -al kaptam a maximális foszforsavat.

3. 3 napi állás után sem különbözött egymástól a meszes és mészszegény talajok viselkedése. A legtöbb foszforsavat 3 napi állás esetén is 0.8 n. tömény oldószer lúgozta ki. Itt ismét mutatkozott egy második maximum 0.3 n. töménységnél.

Feltételeztem, hogy a maximumok és eltolódásuk a pH változásával függ össze. Elvégeztem tehát a pH vizsgálatokat szintén 3 sorozatban, azonban a különböző töménységű oldószerekkel kirázott oldatok pH értékei, valamint a különböző ideig állni hagyott oldatok pH értékei lényeges különbségeket nem mutatnak, legalább is a különbségek oly kicsik, hogy azzal a görbék iránya és meredeksége nem magyarázható.

### C) Foszforsavadszorpciós vizsgálatok

A foszforsav adszorpciója a talajban bonyolult és ez irányú kutatások szerint nagy jelentőségű. Sokan foglalkoztak is vele behatóan, de az adszorpció jelenségeinek megvizsgálása céljából még további tanulmányozásra van szükség. DI GLÉRIA ÉS TELEGDY KOVÁTS (16) szuperfoszfáttal, SCHÖNFELD (46) tiszta foszforsavval végeztek adszorpciós vizsgálatokat. DWORÁK relatív dolgozási módszerével tulajdonképpen szintén adszorpciós vizsgálatokat végzett.

Adszorpciós vizsgálatokat úgy végezhetünk, hogy a talajhoz többkevesebb foszforsavat adunk. Ha az így előkészített talajt szokásos eljárással oldószerekkel kezeljük, azt tapasztaljuk, hogy a foszforsav egy részét a talaj adszorbeálja, a másik része oldatban marad.

Adszorpciós vizsgálataimnál abból a feltevésből indultam ki, hogy az adagolt foszforsav mennyisége és az idő lehet az a két tényező, amelynek változása az eredményekre, ill. a kísérleti talajok adszorpció képességére befolyást gyakorolhat. Hogy feltevésem mennyiben helytálló, azt az alábbi kísérletsorozatok eredményeiből igyekeztem megállapítani.

## II/a. táblázat.

Adszorbeációs vizsgálat 1 mg  $P_2O_5$ /l g talaj, 1,5 óra rázás után

Talaj- minta szám.	1,0 n	0,8 n	0,5 n	0,3 n	0,2 n	0,1 n						
	Eredeti oldh.	Adszorbeált Eredeti oldh.	Adszorbeált Eredeti oldh.	Adszorbeált Eredeti oldh.	Adszor- Eredeti oldh.	Adszor- Eredeti oldh.						
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 g t a l a j .											
	k	ö	z	é	p	é	r	t	é	k	e	n
1	5,5	-4,3	3,5	7,5	3,3	7,3	2,2	-3,8	4,0	2,0	1,9	14,4
2	5,8	-2,2	3,0	8,2	3,0	14,2	2,0	-3,0	3,5	8,7	1,6	17,2
3	7,5	-9,5	5,5	3,5	4,1	-0,9	4,0	-11,8	5,2	0,8	3,0	12,0
4	7,6	-3,4	1,9	14,6	4,0	14,6	2,7	9,7	7,2	17,8	1,9	22,4
5	3,5	26,7	5,1	31,3	2,3	30,3	2,1	30,1	6,7	38,9	2,0	37,1
6	6,5	-0,0	3,3	19,2	2,5	19,7	2,4	9,4	6,6	22,0	2,1	27,3

## II/b. táblázat.

Adszorbeációs vizsgálat 1 mg  $P_2O_5$ /l g talaj, 1,5 óra rázás 1 napi állás, óra rázás után

1	3,7	13,1	4,5	7,5	4,0	17,6	3,2	16,2	2,5	20,3	1,9	25,1
2	3,4	14,6	4,8	13,6	4,2	25,0	2,7	19,9	2,0	25,8	1,5	32,5
3	8,0	10,8	8,1	6,1	6,7	14,9	5,3	11,1	5,2	8,0	3,5	14,7
4	6,3	28,3	6,5	22,5	4,5	28,3	3,7	24,5	2,7	30,7	1,9	47,9
5	6,2	47,4	6,3	42,1	4,2	43,0	3,8	51,6	1,7	58,5	1,7	65,7
6	4,4	27,6	5,3	22,5	4,5	29,4	3,0	29,8	2,3	35,1	1,9	50,3

## II/c. táblázat.

Adszorbeációs vizsgálat 1 mg  $P_2O_5$ /l g talaj, 1,5 óra rázás 3 napi állás, 1 óra rázás után

1	4,3	13,1	4,8	11,8	3,4	14,6	2,8	26,0	2,0	24,0	1,7	26,7
2	3,5	16,5	3,9	18,7	3,0	20,2	2,7	33,7	1,5	31,3	1,3	31,1
3	8,3	9,9	8,7	9,7	5,7	8,5	5,1	18,1	4,0	16,4	3,0	13,0
4	6,8	24,6	7,9	26,9	5,3	33,4	4,2	38,2	3,0	39,4	2,0	46,8
5	4,5	41,5	5,8	45,8	3,3	46,3	2,8	56,0	2,1	61,3	1,1	60,9
6	4,8	24,4	6,0	25,6	3,6	32,8	3,4	43,4	2,7	43,9	1,5	48,7

## III/a. táblázat

 Adsorpciós vizsgálati 0.1 mg  $P_2O_5$ /l g talaj, 1.5 óra rázás után

Talaj- minta szám	1 n Eredeti oldh.	0.8 n Abszorbeált Eredeti oldh.	0.5 n Adszorbeált Eredeti oldh.	0.3 n Adszorbeált Eredeti oldh.	0.2 n Adszor- beált Eredeti oldh.	0.1 n Adszor- beált Eredeti oldh.
	k ö z é p é r t é k b e n					
	$P_2O_5$ mg/100 g talaj					
1	5.5	3.5	2.0	3.3	3.2	2.2
2	5.8	5.8	2.7	3.0	4.0	2.0
3	7.5	2.3	1.7	4.1	2.5	4.0
4	7.6	6.7	4.9	3.9	2.7	5.9
5	3.5	8.7	8.3	2.3	8.0	2.1
6	6.5	7.0	4.3	2.5	4.0	2.4

## III/b. táblázat

 Adsorpciós vizsgálat 1.0 mg  $P_2O_5$  l g talaj, 1.5 óra rázás, 1 napi állás, 1 óra rázás után

1	3.7	0.3	4.5	3.2	4.0	2.7	3.2	3.2	2.5	4.3	1.9	4.0
2	3.4	1.4	4.8	4.3	4.2	3.8	2.7	4.4	2.0	4.8	1.5	4.5
3	4.0	1.4	8.1	2.5	6.7	1.6	5.3	2.1	5.2	2.9	3.5	1.5
4	6.3	3.9	6.5	4.7	4.5	5.8	3.7	4.9	2.7	5.5	1.9	7.1
5	6.2	5.3	6.3	6.0	4.2	6.5	3.8	7.2	1.7	8.0	1.7	8.4
6	4.4	3.9	5.3	4.8	4.4	6.0	3.0	5.4	2.3	5.9	1.9	7.4

## IV. táblázat.

 Adsorpciós vizsgálat 10 mg  $P_2O_5$ /l g talaj, 1.5 óra rázás után

1	5.5	757.7	3.5	760.5	3.3	755.3	2.2	744.6	4.0	788.0	1.9	798.9
2	5.8	752.6	3.0	747.4	3.0	715.0	2.0	775.6	3.5	771.5	1.6	781.2
3	7.5	765.7	5.5	764.3	4.1	735.3	4.0	768.0	5.2	771.6	3.0	786.0
4	7.6	737.6	4.9	736.4	4.0	702.4	2.7	750.7	7.2	757.6	1.9	794.0
5	3.5	757.5	5.1	760.3	2.3	739.9	2.1	766.1	6.7	786.8	2.0	816.6
6	6.5	739.2	3.3	745.2	2.5	752.9	2.4	762.4	6.6	792.9	2.1	790.2

Az első kísérletsorozatban közepes mennyiségű (1 mg  $P_2O_5$ , 1 g talaj) foszforsavat adtam a kísérleti talajmintákhoz és változó töménységű (1.0 n, 0.8 n, 0.5 n, 0.3 n, 0.2 n, 0.1 n), de azonos térfogatú ammonkarbonát oldattal 1.5 óráig tartó rázás után azonnal szűrtem az oldatokat. A kísérleteknél a bemért talaj súlya 5 g, az össztérfogat mindig 100 ml volt.

A második kísérletsorozatot az előzőhöz hasonlóan készítettem elő, de 1.5 óra rázás, 1 napi állás és 1 óra rázás után szűrtem az oldatokat.

A harmadik kísérletsorozat az előzőtől abban különbözött, hogy 1.5 óra rázás, 3 napi állás és 1 óra rázás után került szűrésre.

A negyedik, ötödik sorozatot az előző sorozatoknak megfelelően, de kevés foszforsav (0.1 mg  $P_2O_5$ /1 g talaj) hozzáadásával készítettem elő.

A hatodik sorozat az előbbi 5 sorozathoz hasonlóan, de sok foszforsav (10 mg  $P_2O_5$ /1 g talaj) hozzáadásával készült.

Vizsgálataimhoz a  $P_2O_5$  törzsoldatot  $NH_4H_2PO_4$ -ből készítettem azért, mert ammonium ion az oldatban amúgy is bőségesen volt és így az adszorbcíót a foszforsavval bevitt kis mennyiségű ammonium ion már nem befolyásolhatta. A meghatározásokat ugyanúgy végeztem el, mint azt az oldható foszforsav meghatározásánál leírtam, természetesen hozzáadva a megfelelő mennyiségű foszforsavat.

A nyert eredményeket táblázatokban foglaltam össze. A II. a. b. c., III. a b. és a IV. táblázat adatait röviden a következőkben foglalhatom össze :

1. Az 1 mg  $P_2O_5$ /1 g talaj arányú adszorbcíós vizsgálatoknál 1.5 óra rázás után negatív adszorbcíót mértem : reakcióállapot szerint 8 közül 7-et meszes talajoknál, töménység szerint 8 közül 4-et az 1.0 n., 3-at a 0.3 n és egyet a 0.5 n. töménységnél. Azonkívül a mészszegény savanyú talajok több foszforsavat adszorbeáltak, mint a meszes talajok. Az oldószer töménységét tekintve 0.1 n. oldattal volt a legnagyobb a talajok adszorbcíóképessége 1.0 n oldattal a legkisebb. (II. a. táblázat)

2. Az előzővel megegyező foszforsav adagolásnál 1 napi állás után már nincsenek negatív adszorbcíós értékek. A mészszegény talajok 1 napi állás után is több foszforsavat adszorbeálnak, mint a meszesek. Töménységet véve, valamennyi talajnál a foszforsav adszorbcíója 0.1 n. töménységű oldattal a legnagyobb, viszont 0.8 n. oldattal a legkisebb. (II/b. táblázat).

3. Közepes foszforsav adagokkal (1 mg  $P_2O_5$ /1 g talaj) az adszorbcíós vizsgálatoknál negatív érték nincs. (1.5 óra rázás után). A mészszegény talajoknak 3 napi állás alkalmával is nagyobb az adszorbcíóképessége, mint a meszes talajoké. Az oldószer töménységét figyelembevéve a mészszegény talajoknál 0.1 n. töménységű oldatnál adszorbeáltak legtöbbet az adagolt foszforsavból. A meszeseknél ilyen törvényszerűség nem volt határozottan megállapítható. Minimum meszes és mészszegény talajoknál egyformán 0.1 n. oldatnál mutatkozott. (II/c. táblázat).

4. Az egyes talajok különböző mennyiségű oldószerrel adszorbeált foszforsav értékeit összegezve, megállapítható, hogy 1.5 óra rázás után a legkevesebbet : 1 napi állás után már többet adszorbeáltak és méginkább megnövelte az eredményeket a 3 napi állás.



E szerint az összegezés szerint a talajminták adszorpcióképesség alapján megállapított sorrendje a következő :

5. — 6. — 4. — 2. — 1. — 3.

5. A kevés foszforsavval (0.1 mg  $P_2O_5$ /1 g talaj) végzett adszorpciós vizsgálatoknál negatív érték nincs. (1.5 óra rázás után). A mészszegény talajok ilyen foszforsav adagok esetén is több foszforsavat adszorbeáltak, mint a meszes talajok. Az oldatok töménységét véve, a meszes talajok 0.2 n. töménységnél mutattak maximális foszforsav adszorpciót és 0.8 n.-nál minimálisat. A mészszegény talajok közül a 4. sz. és 6. sz. a 0.1 n. töménységnél, az 5 sz. 1.0 n.-nál jelzett nagyobb adszorpcióképességet. Minimális foszforsavadszorbcio a 4. és 6. sz. talajoknál 0.5 n.-nál az 5 sz. talajoknál pedig 0.3 n.-nál volt. (III/a. táblázat.)

6. 1 napi állás után a kevés foszforsavval végzett adszorpciós vizsgálatoknál egy negatív értéket kaptam, mégpedig meszes talajnál. 1.0 n. töménységnél az egyes talajok kevesebbet adszorbeáltak az adagolt foszforsavból, mint 1.5 óra rázás után közvetlenül. A mészszegény talajok azonban még így is nagyobb adszorpcióképességet mutattak, mint a meszes talajok. Meszes talajok az adszorbcio maximumát 0.2 n. töménységnél és minimumot 1.0 n. töménységnél mutattak. A mészszegény talajoknál minimum ugyancsak 1.0 n. töménységnél : maximum pedig a 4 sz., 5. sz. és a 6. sz. talajoknál 0.1 n. töménységnél van. Az egyes talajok sorrendje az adszorbcio nagyságát tekintve a következő :

5. — 6. — 4. — 2. — 1. — 3.

A kevés foszforsav adagolásnál az adszorpciós vizsgálatok nem adtak olyan világos törvényszerűségeket, mint a közepes foszforsav adagolásánál. A talajok eredeti foszforsavtartalma valószínűleg zavarólag hatott. (III. b. táblázat.)

7. A nagy foszforsav adagokkal (10 mg  $P_2O_5$ /1 g talaj) végzett adszorpciós vizsgálatok negatív értéket nem adtak. A talajok adszorpcióképessége nem mutatott összefüggést a reakcióállapotukkal. A foszforsav adagok nagyoknak bizonyultak, így a próbavizsgálatok után 1 napi állással már nem is vizsgáltam végig a talajok foszforsavadszorpcióképességét. (IV. táblázat.)

#### D) $SiO_2/Fe_2O_3 + Al_2O_3$ hányados meghatározása

Ez a hányados a 'SIGMOND — féle (51) talajosztályozás egyik alapja, ami már mindenesetre fontosságára utal. Fontos azért is, mert az ásványi eredetű adszorpciós komplexusnak alkotórésze. Így feltételeztem, hogy az  $SiO_2/Fe_2O_3 + Al_2O_3$  és a talaj foszforsav adszorbcioja között valamiféle összefüggés van. A kérdés tisztázására elvégeztem a szükséges vizsgálatokat. Ezek a vizsgálatok négy részből állottak :

- a) lúgossági fok,
- b) a  $SiO_2$ ,
- c) a  $Fe_2O_3 + Al_2O_3 + P_2O_5$  és
- d) a  $P_2O_5$  meghatározásából.

a) A lúgossági fokot a Talajvizsgáló Módszerkönyv szerint határoztam meg. Lúgossági fok :  $L = (a - b) \cdot f$ , amely egyenletben „a” az

elhasznált  $n/1$   $\text{HNO}_3$  ml-ek számát, „b” a fogyott  $\text{NaOH}$  ml-ek számát jelenti. Az „f” szorzószám helyére pedig meszes talajoknál 20-at, mészszegény talajoknál 4-et kell behelyettesíteni. A kapott értékek a következők:

Talajszám:	1	2	3	4	5	6
Lúgossági fok:	69	92	211	54	51	55

b) A kovasavat is a Talajvizsgáló Műszerekönyvben leírt módon határoztam meg (5, 67 old). A kapott eredményeket egyenértékűsúlyra számítva az V. táblázatban közlöm.

c) A kovasav meghatározásánál nyert szüredék 50 ml-éből végeztem a szeszkvioxidok meghatározását ugyancsak a Talajvizsgáló Műszerekönyvben közölt módon (5, 101 old.). A kapott eredmények azonban a szeszkvioxidokon kívül a foszforsavat is magukban foglalják.

d) Tehát, hogy a szeszkvioxidok értékét külön megkaphassam, a foszforsavat meg kellett határoznom és az  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5$  együttes értékéből le kellett vonnom. A nyert eredmények a következők:

Talajmintaszám:	1	2	3	4	5	6
$\text{P}_2\text{O}_5$ mg/100 g talaj	9.4	10.8	16.5	3.3	3.0	3.8
Sigmond szerint középértékben						

A SIGMOND foszforsav meghatározása után kapott értékeket levontam az  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5$  együttes mennyiségéből és az  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ -t az alumíniumoxid egyenértékűsúlyában fejeztem ki. Az eredmények az V. táblázatban találhatók meg.

V. táblázat

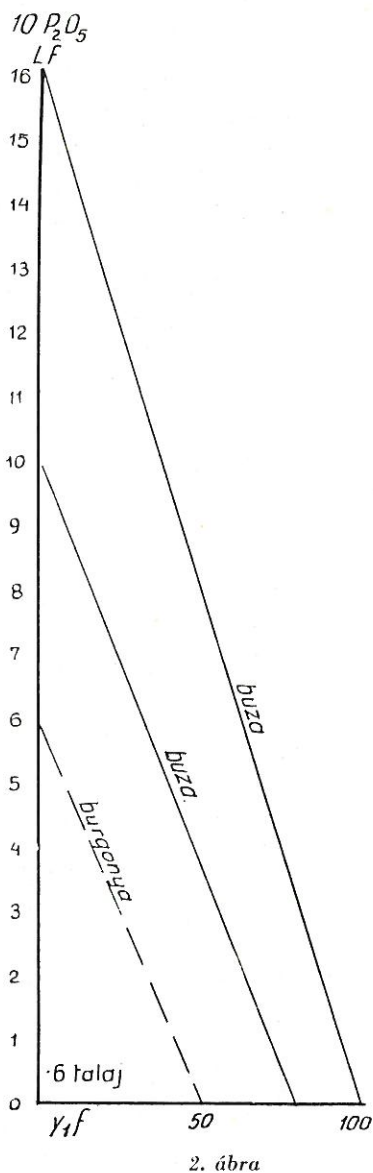
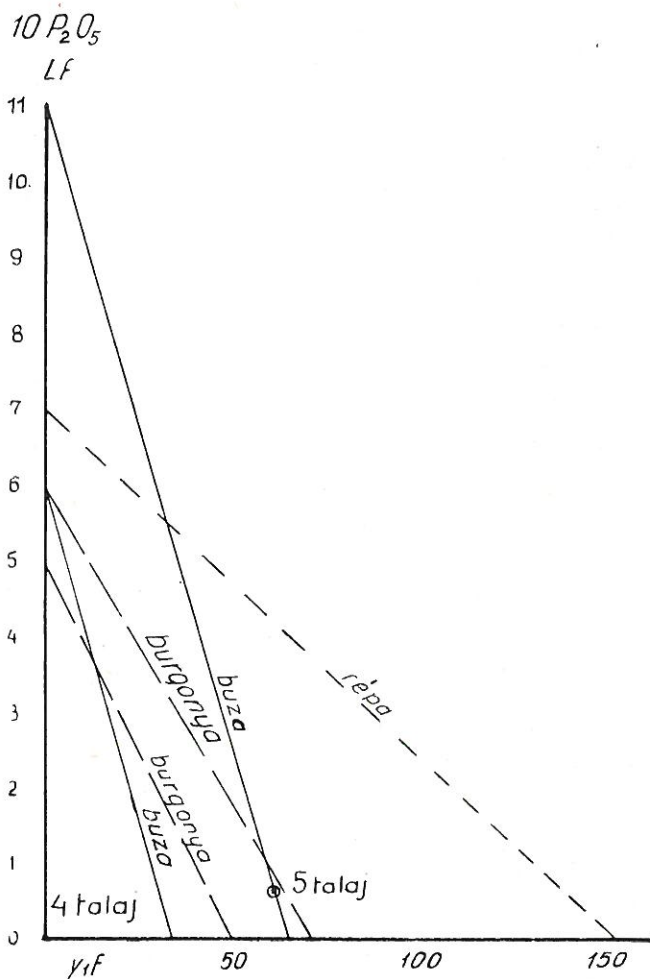
Talajmintaszám:	$\text{SiO}_2$ e.é.s.	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ az $\text{Al}_2\text{O}_3$ e.é.s.-ában,	$\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$
középértékben			

1	4.07	2.38	1.70
2	5.66	1.99	2.88
3	4.67	1.51	1.24
4	4.37	3.51	1.24
5	5.34	5.60	0.97
6	6.40	5.02	1.27

Ebben a fejezetben tárgyalt vizsgálatokat azért végeztem el, hogy kiszámíthassam a  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$  hányadost, amelyről feltételeztem, hogy a talaj foszforsavadszorpciójával összefüggést mutat.

## E) Az eredmények értékelése

A vizsgálatok és számítások elvégzése után hozzáfogtam az eredmények kiértékeléséhez. GANSEN (22) már 1923-ban fejtegette, hogy a trágya hatása függ a talajt alkotó szilikátkomplexus összetételétől. SCHÖNFELD pedig (48) 1941-ben adatokkal bizonyítja, hogy a talajnak a foszforsavval szemben mutatott aktivitása vagy inaktivitása (SCHÖNFELD—DÖMÖTÖR képletekkel (48) megállapítható) összefügg az adszorpciós komplexus kémiai szerkezetével vagyis a talaj reakcióképes,  $n/100$   $\text{HNO}_3$ -al megbontható,  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$  egyenértékhányados alakulásával. Az eredmények összehasonlító értékelése az előadottak alapján a hat kísérleti talaj foszforsavval szemben mutatott aktivitásának, illetve

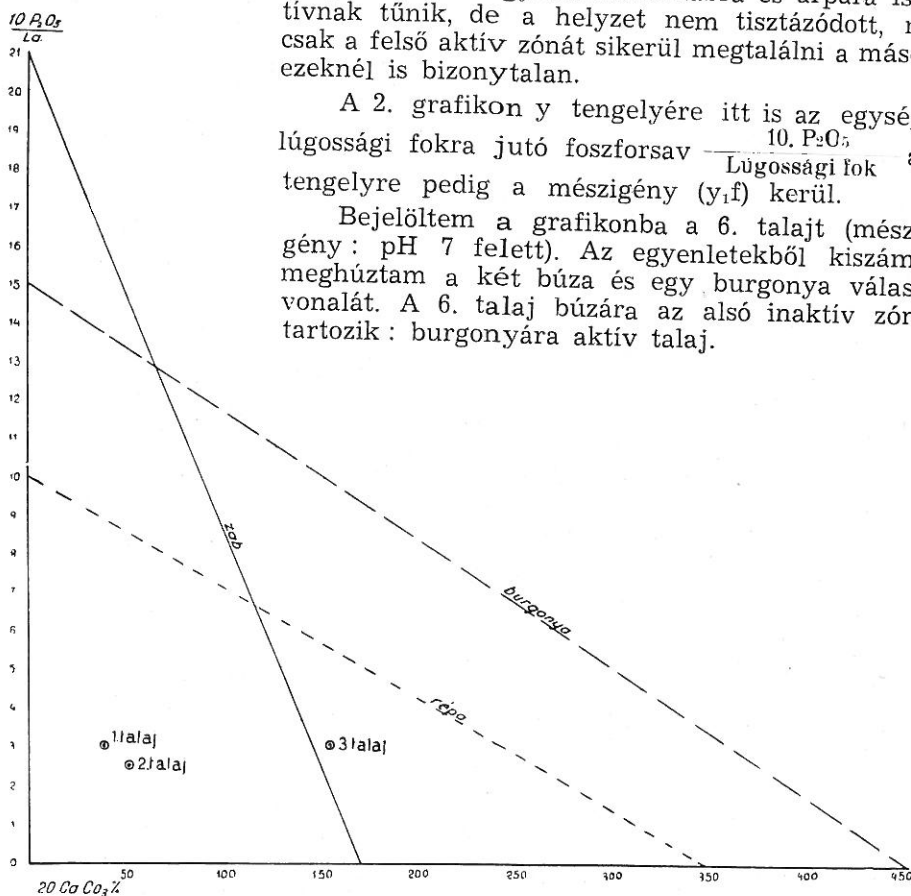


inaktivitásának a megállapítására irányult. A megállapításokat a SCHÖNFELD ÉS DÖMÖTÖR-féle képletekkel végeztem oly módon, hogy felrajoltam három grafikont: Egyet a 7 alatti pH-val bíró mészszegény 4. és 5. talajnak, másodikat a 7 feletti pH-jú mészszegény 6. talajnak, a harmadikat a 8 feletti pH-jú három szénsavas meszes (1. 2. 3.) talajnak.

Az 1. grafikon y tengelyére az egységnyi lúgossági fokra eső foszforsavat  $10 \cdot P_2O_5$  mértem fel, az x tengelyre pedig a mészigényt:  $(y, f)$ . Az „f” értéke a kötöttségi szám szerint változik: 30-on alul 2, 30-40 között 3, 40-50 között és 50 felett 5 az értéke. Bejelöltem a grafikonba a 4. és 5. talajt, azután a SCHÖNFELD—DÖMÖTÖR képletek alapján meghúztam a búzának és a burgonyának két-két és a répának csak egy választóvonalát (a második vonal bizonytalannak minősült). A grafikon szerint a 4. talaj búzát, burgonyát tekintve az alsó inaktív zónába tartozik: az 5. talaj búzára, burgonyára aktív, de mindkét növény esetében nagyon a határvonal közelében fekszik. Cukor- és takarmányrépa mind a két talaj aktív. Az egyenletekből zabra és árpára is aktívnak tűnik, de a helyzet nem tisztázódott, mert csak a felső aktív zónát sikerül megtalálni a második ezekenél is bizonytalan.

A 2. grafikon y tengelyére itt is az egységnyi lúgossági fokra jutó foszforsav  $10 \cdot P_2O_5$  az x tengelyre pedig a mészigény  $(y, f)$  kerül.

Bejelöltem a grafikonba a 6. talajt (mészszegény: pH 7 felett). Az egyenletekből kiszámítva meghúztam a két búza és egy burgonya választóvonalát. A 6. talaj búzára az alsó inaktív zónába tartozik: burgonyára aktív talaj.



3. ábra



Az 3. grafikonon ábrázoltam a három (1. 2. 3.) meszes talajt, amelynek a pH-ja 8 fölött van. A grafikon y tengelyére a nem mész okozta lúgosság egysége eső foszforsavat  $\frac{10 \cdot P_2O_5}{La}$  (La = Lf—20. CaCO<sub>3</sub>)

az x tengelyre az Lca (20 xCaCO<sub>3</sub>%) -t vittem fel. Bejelöltem a három talaj helyét: az egyenletekből meghúztam a burgonya, zab és répa választóvonalát. Zabnál, burgonyánál a választóvonal alatti zónába vannak az aktív, a választóvonal feletti zónában az inaktív talajok: répánál megfordítva, a választóvonal felett találhatók az aktív és a választóvonal alatt az inaktív talajok. Tehát a három meszes talaj burgonyára aktív, répára inaktív, zabra az 1. és a 2. talaj aktív, a 3. talaj inaktív. Kétségtelen, hogy ennek a három meszes talajnak az alsó zónától a felső felé való elhelyezkedésük növekvő SiO<sub>2</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> arányuk megfelelő.

A grafikonokról leolvashatjuk, hogy a talajokat (1., 2., 3., 4., 5., 6.) reakcióállapotuk szerint külön csoportosítottam: mészszegény, savanyú és szénsavas meszes talajokra. A mészszegény talajokat ismét aszerint, hogy pH számuk (vizes) 7.0 alatt vagy felett van-e, két csoportra osztottam. Mészszegény talajokat az egységnyi lúgossági fokra jutó foszforsav mennyisége és a mészigény jellemzik. Ezeknek a mészszegény talajoknak a kovasav (szeszkvioxid arányértéke 2-nél kisebb, ami azt jelenti, hogy a talajban Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> felesleg van, amely kicserélhető bázis alakjában kapcsolódik a szilikáthoz (26.) vagy humuszsavakhoz, illetve foszforsavhoz. Tehát vagy máris vegyült a foszforsavval vagy hajlamos arra, hogy lekösse a talajba kerülő foszforsavat. Mészszegény talajoknál az inaktivitást rendszerint ez okozza vagy esetleg az, hogy elegendő felvehető P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> van a talajban.

A meszes talajoknál nem lehet olyan biztos törvényszerűségekről beszélni, mint a mészszegény talajoknál, aminek okát a következőkben lehetne összefoglalni:

1. A meszes talajok telített humuszkomplexuma a mészszegényekétől valószínűen eltérően viselkedik;

2. a meszes talajoknál minden esetben csak két zónát sikerült találni: aktív és inaktív zónát.

Az 1., 2., 3. grafikonokról végső eredményként a következő adatokat tudtam megállapítani:

VI. táblázat

Talajmintaszám:	1	2	3	4	5	6
Termények						
búza	—	—	—	O	+	O
burgonya	+	+	+	O	+	+
zab	+	+	O	—	—	—
répa	O	O	O	+	+	—

— = nincs választóvonal

O = inaktív

+

Tehát az 1. talaj három növény közül kettőre aktív, (burgonya, zab), egyre inaktív (répa). A 2. talaj ugyanúgy, mint az 1. talaj, három növény közül kettőre aktív, (burgonya, zab) és egyre inaktív (répa). A 3. talaj három növény közül kettőre inaktív (zab, répa) és a burgonyára aktív. A 4. talaj is három növény közül kettőre (búza, burgonya) inaktív, és egyre (répa) aktív. Az 5. talajt három növényre vizsgáltam és mind a háromra (búza, burgonya, répa) aktívnek bizonyult. A 6. talaj két növény közül egyre aktív (burgonya) egyre (búza) inaktív.

SCHÖNFELD ÉS DÖMÖTÖR foszforsav értékelési módja egészen újszerű. Előnye, hogy az eddigi értékelési módszereknél több tényezőt vesz figyelembe a foszforsavszükséglet megállapításánál; hátránya, hogy még több bizonyító statisztikai adat szükséges hozzá.

### Összefoglalás

1. Az 1 mg  $P_2O_5$ /1 g talaj arányú adszorbciónál 1.5 óra rázás után a mészszegény savanyú talajok több foszforsavat adszorbeáltak, mint a meszes talajok. Az oldószer töménységét tekintve 0.1 n oldattal volt a legnagyobb a talajok adszorbciónaképessége és 1.0 n oldattal a legkisebb.

2. Az előzővel megegyező foszforsav adagolásnál 1 napi állás után is a mészszegény talajok több foszforsavat adszorbeáltak, mint a meszesek. Töménységet véve, valamennyi talajnál legnagyobb a foszforsav adszorbciónaképessége 0.1 n töménységű oldattal, viszont 0.8 n oldattal a legkisebb.

3. Közepes foszforsav adagokkal (1 mg  $P_2O_5$ /1 g talaj) a mészszegény talajok 3 napi állás alkalmával is nagyobb adszorbciónaképességet mutattak, mint a meszes talajok. Az oldószer töménységét figyelembevéve, a mészszegény talajok 0.1 n töménységű oldatnál adszorbeáltak legtöbbet az adagolt foszforsavból.

4. Az egyes talajok különböző töménységű oldószernél adszorbeált foszforsav értékeit összegezve megállapítható, hogy 1.5 óra rázás után a legkevesebbet, 1 napi állás után már többet adszorbeáltak és méginkább növelte az eredményeket a 3 napi állás.

Tehát az állás időtartama vagyis az idő, lényegesen befolyásolta a foszforsav adszorbciónaképességét.

5. A kevés foszforsavval (0.1 mg  $P_2O_5$ /1 g talaj) végzett adszorbciónál 1.5 órai rázás után szintén több foszforsavat adszorbeáltak a mészszegény, mint a meszes talajok. Az oldatok töménységét véve, a meszes talajok 0.2 n töménységnél mutattak maximális foszforsav adszorbciónaképességet és 0.8-nál minimálisat.

6. 1 napi állás után a kevés foszforsavval végzett adszorbciónál az egyes talajok kevesebbet adszorbeáltak az adagolt foszforsavból, mint 1.5 óra rázás után közvetlenül. A mészszegény talajok azonban még így is nagyobb adszorbciónaképességet mutattak, mint a meszes talajok. Meszes talajok az adszorbciónak maximumot 0.2 töménységnél és minimumot 1.0 n töménységnél mutattak.

A kevés foszforsav adagolásával végzett adszorbciónál vizsgálatok nem adtak olyan törvényszerűségeket, mint közepes foszforsavval.

7. Meszes és nem meszes talajok a foszforsav adszorpciót illetően egymástól eltérően viselkednek. Meszes talajoknál nem lehet olyan biztos törvényszerűségekről beszélni, mint a nem meszeseknél: aminek oka, hogy a meszes talajoknál a telített humuszkomplexus a mészszegekényekétől valószínűleg eltérően viselkedik.

8. A nagy foszforsav adagokkal (10 mg  $P_2O_5$ /1 g talaj) végzett adszorpciós vizsgálatoknál a foszforsav adagok nagyoknak bizonyultak. Mindazonáltal, ha megnézzük a táblázatokat és az egyes talajminták szerint összegezett adszorbeált foszforsavmennyiséget, kitűnik, hogy a talajok nagyobb foszforsav adagokból többet, a kisebbekből kevesebbet adszorbeáltak.

9. Ha a közepes foszforsavadagokkal végzett adszorpciós vizsgálatoknál a talajok adszorpcióképesség alapján megállapított nagyságrendjét összehasonlítjuk a talajoknak a VI. táblázatából megállapítható aktivitási ill. inaktivitási rendjével, azt tapasztaljuk, hogy a talajminták sorrendje mind a két esetben ugyanaz.

10. A táblázatokban negatív előjelű értékek is vannak, aminek okát abban látom, hogy a talaj adszorbeálva tartott foszforsavat adhatott át a talajnak.

Érkezett: 1951 május 8.

### Irodalom

1. ADJERICHI: Pocsvovegyenyije Moszkva, 550, 1946.
2. ANTONOV, S. M.: Sibirian Inst. Agr. Fer. 10, 1928.
3. ASKINASI & JARUSOV: Trans. Scientific. Insitute on Fertilisers. Moszkva, 57, 1928.
4. BALLENEGGER, R., BITTERIA, M., CSIKY, J., DICENTY, D., HALÁCS, Á., VILLAX, Ö., & ZUCKER, F.: A talaj termőerejének fenntartásáról és műtrágyázásról. Országos Mezőgazdasági Kamara Budapest 10, 1936.
5. BALLENEGGER & MADOS: Talajvizsgálati Módszerkönyv. Földtani Int. Budapest, 67, 1944.
6. BEAR, F. E. & TOTH, St.: Ind. Eng. Chem. 34. 49, 1942.
7. BEATER, B. E.: Soil Sci, 44, 227, 1937.
8. BENNE, E. J., PERKINS, A. T. & KING, H. H.: Soil Sci. 42, 29, 1936.
9. BLAIR, A. W., PRINCE, A. L. & WINTERBERG, S. H.: Soil Sci. 37, 483, 1934.
10. BRITTON, H. T. S.: J. Chem. Soc. 1. 614, 1927.
11. CAMENRON, F. K. & BELL, J. M.: U. S. Dept. Agr. Bur. Soils. Bul. 41, 1907.
12. COLEMAN, R.: Soils. Sci. 58, 71, 1944.
13. COMBER, N. M.: Transact. Farady Soc. 567, 1924.
14. DAVIS, L. E.: Handbok of Hawaiian Soils. Ass. Hawaii Sugar Techn. Honolulu 78, 1935.
15. DE DOMINICIS, A.: Chem. Zlb. 1, 391, 1915.
16. DI GLÉRIA, J. & TELEGDY-KOVÁTS, L.: Mezőg. Kut. 10, 36, 1937.
17. DOUGHTY, Y. L.: Soil Sci. 29, 23, 1930.
18. DRAGHETTI, A. & PANTOLI, B.: Ann. R. Staz. Sper. Agr. Modena, 7, 451. 1939-1940.
19. FUGDE, J. F.: Als. Agr. Wxp. Sta. Bul. 277, 1928.

20. GAARDER, T.: Medd. Vestlandets Forst. Försökstat 14, 1930.
21. GAARDER, T.: Vestlandets Forstl. Forsogata. Meddel. 14, 41, 1930.
22. GANSSSEN, R.: Ztsch. f. Pflanzenernährung Düngung und Bodenkunde. 2, 370, 1923.
23. GERICKE, S.: Bodenkunde u. Pflanzenernähr., Berlin, 17, 147, 1940.
24. GERICKE, S.: Die Chemie, 56, 287, 1943.
25. HIBBARD, L. P.: Soil Sci. 39, 337, 1935.
26. KAPPEN, H.: Die Bodanazidität, 112, J. Springer. Berlin. 1929.
27. KÜHN, I.: Kisérlet. Közl. 38, 189, 1935.
28. LASTSCH, W.: Bodenkunde u. Pflanzenernährung Berlin, 23, 17, 1941.
29. LICHTENWALNER, D. C., FLENNER, A. L. & GORDON, N. E.: Soil Sci. 15, 157, 1923.
30. LOHSE, H. W. & RUHNKE, G. N.: Soil Sci. 36, 303, 1933.
31. LYON, L. T. & BUCKMAN, H. O.: The Nature and Properties, of Soils. Mc. Millan Co. N. Y. 1928.
32. MAYER, A. H.: Ref. in : Chem. Zlb. 2, 447, 1599, 1930.
33. MEYER, I.: Die P-säure, 1940.
34. RAUTERBERG, E.: Ztsch. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde A. 20, 302, 1931.
35. RAUTERBERG, E.: Fortschr. d. Landw. 7, 69, 1932.
36. RAUTERBERG, E.: Ztsch. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde 31, 39, 1933.
37. RAUTERBERG, E.: Ztsch. f. Pflanzenernährung, Düngung, A. 36, 270, 1934.
38. RATNER, E. J.: Pocsvoegyenyije 95, 1946.
39. RAVIKOVITCH, S.: Soil Sci. 38, 219, 1934.
40. ROSSMANN, C. A.: Soil Sci. 24, 465, 1927.
41. RUSSEL, J.: Boden und Pflanze. Th. Steinkopff. Dresden u. Leipzig 167, 1936.
42. RUSSEL, J.: Boden und Pflanze, 157, 1936.
43. RUSSEL, E. J. & PRESCOTT, J. A.: J. Agr. Sci. 8, 65, 1916.
44. SCHOLLENBERGER, I. C.: Soil Sci. 6, 365, 1918.
45. SCHOLLENBERGER, I. C.: Soil Sci. 10, 127, 1920.
46. SCHÖNFELD, S.: Mezög. Kut. 12, 1, 1939.
47. SCHÖNFELD, S. & DÖMÖTÖR E.: Mezög. Kut. 13, 213, 1940.
48. SCHÖNFELD, S.: Mezög. Kut. 14, 258, 1941.
49. SCHREINER, O. & FAIRYER, H.: Chem. Zlb. 2, 549, 1906.
50. SIGMOND, E.: Általános talajtan, Budapest 4, 1934.
51. SIGMOND, E.: Általános talajtan Budapest 446, 1934.
52. SIMON, R. H.: Soil Sci. 29, 71, 1930.
53. SNIDER, H. J.: Soil Sci. 38, 471, 1934.
54. SMIRNOV, N. D.: Udofrenie I. Urozkai, 3, 152, 1931.
55. STARKEY, F. B. & GORDON, N. E.: Soil Sci. 14, 449, 1922.
56. TEAKLE, L. J. H.: Soil Sci. 25, 143, 1928.
57. TELEGDY-KOVÁTS, L.: Mezög. Kut. 8, 361, 1935.
58. TIULIN, A. TH.: Soil Sci. 42, 291, 1936.
59. TOTH, S. I.: Soil Sci. 50, 299, 1940.
60. TRUOG, E. & FORD, M. C.: Wis. Agr. Wxp. Sta. Bul. 6, 410, 1930.
61. WARINGTON, R.: J. Chem. Soc. (London) 26, 983, 1873.
62. WAY, J. T.: J. Roy. Agr. Soc. 11, 313, 1850.
63. WAY, J. T.: J. Roy. Agr. Soc. 13, 123, 1852.



64. WHEELER, H. J. & ADAMS, C. E.: Rhode Island, Agr. Exp. Sta. Bul. 114 & 117, 1906, 1907.
65. WHEELER, H. J. & ADAMS, G. E.: Rhode Island Agr. Exp. Sta. Bul. 118, 1917.
66. WHITSON, A. R. & STODDARD, C. W.: Wisc. Agr. Exp. Sta. Ann. Rpt. 171, 1906.
67. WHILEY, R. C. & GORDON, N. E.: Soil. Sci. 15, 371, 1923.
68. WOJTSIAKOWA, M.: Roczniki Nauk Roln. I. Lesn. 27, 65, 1932.
69. WOLKOFF, M. J.: Soil Sci. 17, 39, 1924.

## Адсорбция фосфорной кислоты в почве.

Д. б. Ф а б р и

Почвохимический Отдел Агрохимического Исследовательского Института, Будапешт

### ВЫВОДЫ

1. В адсорбционных испытаниях с 1 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы, после 1,5 часового встряхивания, бедные известью кислые почвы адсорбировали больше фосфорной кислоты, чем известковые почвы. В отношении концентрации растворителя оказалось, что максимальную адсорбционную способность почвы проявляют при 0,1 п. растворе, минимальную же при 1,0 п.

2. При том же количестве фосфорной кислоты бедные известью почвы и после суточного отстаивания адсорбировали больше фосфорной кислоты, чем известковые. Что касается концентрации раствора, в этом случае также все исследуемые почвы адсорбировали максимальное количество фосфорной кислоты при концентрации раствора 0,1 п., минимальное же при 0,8 п.

3. При средних нормах фосфорной кислоты (1 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы) бедные известью почвы обнаруживали большую чем известковые адсорбирующую способность и при 3-х суточном отстаивании. Бедные известью почвы и в этом случае адсорбировали максимальное количество фосфорной кислоты при концентрации раствора 0,1 п.

4. Сравнивая величину адсорбированной различными почвами фосфорной кислоты при разных концентрациях, установлено, что наименьшее количество адсорбированной фосфорной кислоты получается после 1,5 часового отстаивания, большее после суточного, а еще большее после 3-х суточного отстаивания. Следовательно, длительность отстаивания, т. е. время значительно влияет на адсорбцию фосфорной кислоты.

5. При испытаниях с малым количеством фосфорной кислоты (0,1 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы) оказалось, что бедные известью почвы адсорбируют больше фосфорной кислоты, чем известковые почвы. Известковые почвы при концентрации раствора 0,2 п. проявляли максимальную, при концентрации 0,8 п. минимальную адсорбирующую способность.

6. В результате испытаний с малым количеством фосфорной кислоты при суточном отстаивании оказалось, что отдельные почвы адсорбировали больше фосфорной кислоты, чем непосредственно после 1,5 часового встряхивания. Однако, бедные известью почвы проявляли в этом случае большую адсорбирующую способность, чем известковые почвы. Максимальная адсорбция у известковых почв отмечалась при концентрации раствора 0,2 п., минимальная же при 1,0 п. При применении малого количества фосфорной кислоты в адсорбционных испытаниях не обнаруживалась та закономерность, чем при средних нормах фосфорной кислоты.

7. В отношении адсорбции фосфорной кислоты известковые и безизвестковые почвы заметно различаются друг от друга. У известковых почв нельзя обнаружить такой строгой закономерности, чем у бедных известью почв. Причиной этого является, по-видимому, различие в насыщенном перегнойном комплексе известковых почв.

8. При адсорбционных испытаниях с большими нормами фосфорной кислоты (10 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы), применяемые нами нормы оказались слишком высокими. Несмотря на это, при учете данных приведенных таблиц и количеств адсорбированной отдельными почвами фосфорной кислоты, обнаружено, что из более высоких норм фосфорной кислоты почва адсорбирует больше, из меньших же — меньше.

9. Сравнивая порядок последовательности норм, полученный на основе адсорбирующей способности при адсорбционных испытаниях, произведенных с средними нормами фосфорной кислоты и порядок активности или же неактивности почв, определенный согласно данным таблицы VII., обнаружено, что последовательный порядок образцов почв в обоих случаях одинаковый.

#### Объяснения к таблицам.

*Таблица I.* Общие данные испытания исследуемых почв. В таблице 1. находится 7 вертикальных граф. В первой графе содержится наименование физических, физико-химических и химических испытаний исследуемых почв. Во второй и остальных графах (1—6) приведены номера, место происхождения и результаты испытания образцов исследуемых почв.

Приведенные в таблице I. испытания были произведены для обнаружения связи между адсорбцией фосфорной кислоты и отдельными качествами почв.

*Таблица II. а.* Адсорбционные испытания с 1 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы, после 1,5 часового встряхивания. Таблица II. а. содержит 13 граф. В первой графе указан номер образцов почв, во второй количество растворенной 1,0 п. растворителем исходной (растворимой)  $P_2O_5$  в мг на 100 г почвы. Третья графа содержит количество  $P_2O_5$  в мг, адсорбированное из фосфатного раствора 1,0 п. растворитель + 1 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы. Последующие графы содержат также количество адсорбированной  $P_2O_5$  в мг, при аналогичных вышеуказанным условиях, с той только разницей, что нормальность растворителя была 0,8; 0,5; 0,3; 0,2 и 0,1.

Графы таблиц II. б; II. в; III. а; III. б; и IV, аналогичны графам таблицы II. а.

*Таблица II. б.* Испытание адсорбции с 1 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы, после 1,5 часового встряхивания, суточного отстаивания и повторного 1 часового встряхивания.

*Таблица II. в.* Испытание адсорбции 1 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы, после 1,5 часового встряхивания, 3-х суточного отстаивания и повторного 1 часового встряхивания.

*Таблица III. а.* Испытание адсорбции с 0,1 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы, после 1,5 часового встряхивания.

*Таблица III. б.* Испытание адсорбции с 0,1 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы, после 1,5 часового встряхивания, суточного отстаивания и повторного 1 часового встряхивания.

*Таблица IV.* Испытание адсорбции с 10 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы, после 1,5 часового встряхивания. Объяснение смотри в тексте выводов.

*Таблица V.* Содержит 4 графы. В первой приведены номера образцов почв, во второй эквивалентный вес  $SiO_2$ , в третьей количество  $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ , пересчитано на эквивалентный вес  $Al_2O_3$ , в четвертой же средние величины  $SiO_2/Fe_2O_3 + Al_2O_3$ . Испытания, приведенные в данной главе, производились с целью вычисления коэффициента  $SiO_2/Fe_2O_3 + Al_2O_3$ , о котором предполагалось, что находится в связи с адсорбцией фосфорной кислоты почвой.

#### Объяснения к рисункам.

*Рисунок 1.* График бедных известью почв, величина pH которых меньше 7. На ось «у» нанесено количество фосфорной кислоты, эквивалентное одному градусу щелочности, на ось же «х» потребность в извести. Согласно формулам Шенфельд-Деметер врисованы по две распределяющие линии для пшеницы и картофеля и одна распределяющая линия для свеклы, которые отделяют активные и неактивные почвы. Согласно рисунку, почва № 4 в отношении пшеницы и картофеля принадлежит к нижней неактивной зоне. Почва № 5 в отношении пшеницы и картофеля является активной (но находится вблизи предельной линии). В отношении свеклы обе почвы являются активными (но здесь картина недостаточно уточнена, так как удалось найти только верхнюю активную зону).

*Рисунок 2.* График бедной известью почвы, величина pH которой выше 7. На оси «у» и «х» нанесены те же показатели, как на рисунке 1. Врисованы также две распределяющие линии для пшеницы и одна для картофеля. Согласно рисунку, почва № 6 в отношении пшеницы принадлежит к нижней неактивной зоне; в отношении картофеля почва является активной.

*Рисунок 3.* График почв с pH выше 8. На ось «у» нанесено количество фосфорной кислоты, эквивалентное неизветсковой щелочности, на ось же «х» нанесено 20%  $\text{CaCO}_3$  и врисована одна распределяющая линия для картофеля, свеклы и овса. У овса и картофеля активная зона находится над распределяющей линией, неактивная же под указанной линией; у свеклы положение обратное. Следовательно, три известковые почвы для картофеля являются активными, для свеклы неактивными, а для овса почва № 1. и № 2. является активной, почва же № 3. неактивной.

## La fixation de l'acide phosphorique dans les sols

PAR MME GEORGE FÁBRY

*Institut des recherches agrochimiques, Section de la chimie des sols*

*Budapest*

### Résumé

1. Dans les expériences d'adsorption a 1 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /1 g sol avec agitation pendant 1.5 heures les sols pauvres en chaux ont adsorbé une plus grande quantité d'acide phosphorique que les sols calcaires. Quant à la concentration de la solution l'adsorption a été la plus grande avec une solution 0.1 n, et la moindre avec une solution 1 n.

2. Avec le même dose d'acide phosphorique laissées en repos pendant un jour c'était toujours les sols pauvres en calcaire qui ont adsorbé plus d'acide phosphorique que les calcaires.

Quant à la concentration l'adsorption a été la plus grande avec une solution 0.1 n, et la moindre avec une solution 0.8 n.

3. Avec des doses moyennes d'acide phosphorique (1 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /1 g sol) les sols pauvres en calcaire ont présenté un pouvoir adsorbant plus élevé aussi après 3 jours. Quant à la concentration les sols pauvres en calcaire ont adsorbé le plus d'acide phosphorique d'une solution 0.1 n.

4. En comparant les quantités d'acide phosphorique adsorbées de solutions à concentration variés l'on voit que l'adsorption a été la moindre après, une agitation de 1.5 heures, elle a été plus grande après un repos de 1 jour et elle a augmenté encore après un de 3 jours. La durée du contact a donc influencée considérablement l'adsorption de l'acide phosphorique.

5. Dans les essais faits avec une faible dose d'acide phosphorique (0.1 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /1 g sol) les sols pauvres en chaux ont adsorbé plus d'acide phosphorique que les sols calcaires. Pour les sols calcaires l'adsorption a été la plus grande pour une concentration 0.2 n et la plus petite pour une concentration 0.8 n.

6. Dans les essais faits avec une faible dose d'acide phosphorique tous les sols ont adsorbé moins d'acide phosphorique après un repos de 1 jour qu'immédiatement après une agitation de 1.5 heures. Mais même dans ces conditions les sols pauvres en chaux ont présenté un pouvoir adsorbant plus élevé que les sols calcaires. Pour les sols calcaires le maximum de l'adsorption s'est produit à une concentration 0.2 n le minimum à 1.0 n. Les essais faits avec de faibles doses d'acide phosphorique n'ont pas présentés le même régularité que ceux faits avec des doses plus élevées.

7. Les sols pauvres en chaux et les sols calcaires se comportent différemment quant à l'adsorption de l'acide phosphorique. Avec les sols calcaires l'on ne pas la même régularité qu'avec les sols pauvres en chaux, ce qui peut

avoir pour cause que le complexe humique saturé des sols calcaires se comporte différemment que celui des sols pauvres en calcaire.

8. Dans les essais faits avec de fortes doses d'acide phosphorique (10 mg  $P_2O_5$ /1 g sol) les doses employées se sont avérées trop fortes. Mais si l'on compare les figures des tableaux et les quantités d'acide phosphorique adsorbées, groupées selon les échantillons de sols, l'on constate que l'adsorption a été plus grande dans la solution concentrée que dans la solution moins concentrée.

9. Si dans les essais d'adsorption faits avec des doses moyennes d'acide phosphorique l'on arrange les sols d'après la quantité d'acide phosphorique adsorbée et si l'on compare cette série avec la grandeur d'activité ou d'inactivité des sols (tableau VII.), l'on constate que, dans les deux cas, les sols se suivent dans le même ordre.

### L'EXPLICATION DES TABLEAUX

*Tableau I.* Résultats de l'analyse générale des sols. Le 1-er tableau contient 7 colonnes, en tête on trouve la dénomination des caractéristiques physiques, physico-chimiques et chimiques des sols; les colonnes 1 à 6 contiennent le numéro de l'échantillon, son lieu d'origine et les résultats des dosages.

*Tableau II. a.* Essais d'adsorption avec 1 mg de  $P_2O_5$  pour 1 g de sol, après une agitation de 1.0 heures. Ce tableau contient 13 colonnes, la première colonne contient le numéro du sol, la deuxième colonne contient l'acide phosphorique adsorbé, en mg de  $P_2O_5$  par 100 g de terre, obtenu avec une solution 1 normale. La troisième colonne contient l'acide phosphorique adsorbé d'une solution 1 normale additionnée d'acide phosphorique (1 mg  $P_2O_5$ /1 g sol).

Les colonnes suivantes donnent les chiffres obtenus avec des solutions 0.8, 0.5, 0.3, 0.2 et 0.1 normales.

Les colonnes des tableaux II/b., II/c., III/a., III/b. et IV. sont identiques avec les colonnes du tableau II/a.

*Tableau II/b.* Essai d'adsorption : 1 mg  $P_2O_5$ /1 g sol, agité 1.5 heures repos 1 jour, agité 1 heure.

*Tableau II/c.* Essai d'adsorption: 1 mg  $P_2O_5$ /1 g sol, agité 1.5 heures, repos, 3 jours, agité 1 heure.

*Tableau III/b.* Essai d'adsorption: 0.1 mg  $P_2O_5$ /1 g sol, agité 1.5 heures.

*Tableau III/b.* Essai d'adsorption : 0.1 mg  $P_2O_5$ /1 g sol, agité 1.5 heures, repos 1 jour, agité 1 heure.

*Tableau IV.* Essais d'adsorption : 10 mg  $P_2O_5$ /1 g sol, agité 1.5 heures.

L'explication des tableaux se trouve dans le résumé.

Le *tableau V.* contient 4 colonnes. La première colonne contient le numéro de l'échantillon, la deuxième la teneur en  $SiO_2$  (en équivalents) la troisième la teneur en  $Fe_2O_3 + Al_2O_3$  exprimés en équivalents de  $Al_2O_3$ , la quatrième la valeur moyenne des quotients  $SiO_2/Fe_2O_3 + Al_2O_3$ . Nous avons fait ces dosages pour obtenir le quotient  $SiO_2/Fe_2O_3 + Al_2O_3$ , lequel nous avons supposé qu'il est en rapport avec l'adsorption de l'acide phosphorique.

### L'EXPLICATION DES FIGURES

FIG. 1. Courbes des sols pauvres en chaux, à pH au dessous de 7. L'axe Y montre l'acide phosphorique par unité du degré d'alcalinité, sur l'axe X nous avons tracé les lignes qui séparent les sols actifs et inactifs calculées

d'après la formule de Schönfeld—Dömötör, 2-2 lignes pour le blé et la pomme de terre, 1 ligne pour la betterave. Selon la figure le sol 4 est dans la zone inactive pour le blé et pour la pomme de terre. Le sol 5 est actif pour le blé et la pomme de terre (mais en proximité de la ligne de séparation). Pour la betterave ces deux sols sont actifs (la situation n'est pas suffisamment claire, parce que nous n'avons pas réussi à établir que la zone active supérieure.)

Fig 2. Courbe d'un sol pauvre en chaux, à pH au dessus de 7. Nous avons porté sur les axes les mêmes facteurs que pour la fig. 1. Nous avons tracé la ligne de séparation pour deux blés et une pomme de terre. Selon la figure le sol 6 est situé dans la zone inactive inférieure pour le blé, le sol est actif pour la pomme de terre.

Fig. 3. Courbes des sols à pH au dessus de 8. Sur l'axe Y nous avons porté l'acide phosphorique divisé par l'alcalinité non calcique, sur l'axe X le pourcentage de  $\text{CaCO}_3$  et nous avons tracé les lignes de séparation pour la pomme de terre, la betterave et l'avoine. Pour l'avoine et la pomme de terre la zone active se trouve sous la ligne de séparation et la zone inactive au dessus, pour la betterave la situation est inverse. Les trois sols calcaires sont actifs pour le blé, inactifs pour la betterave, pour l'avoine les sols 1 et 2 sont actifs et le sol 3 est inactif.



## Festlegung der Phosphorsäure im Boden.

VON L. FÁBRY

*Aus der Abt. für Bodenchemie der Agrochemischen Forschungsinstitutes, Budapest*

### Zusammenfassung

1. Bei Absorptionsversuchen mit 1 mg Phosphorsäure je g Boden legten saure Böden, nach 1½ stündigem Schütteln, mehr Phosphorsäure fest, als kalkhaltige Böden. Die grösste Absorptionsfähigkeit der Böden zeigte sich im Falle von 0,1 N, die geringste mit 1 N Lösung.

2. Bei dem gleichen Phosphorsäurezusatz wurde auch nach eintägigem Stehen mehr durch saure, als durch kalkhaltige Böden festgelegt. Bei allen Böden war die absorbierte Menge am geringsten mit 0,8 N, am grössten mit, 0,1 N Lösung.

3. Ebenfalls mit dem gleichen Phosphorsäurezusatz wurde auch nach drei Tagen mehr durch saure, als durch kalkhaltige Böden festgelegt. Kalkarme Böden adsorbierten mit 0,1 N Lösung die höchsten Phosphorsäuremengen.

4. Ein Vergleich der verschiedenen Absorptionswerte ergibt, dass dieselben nach 1½ Stunden die geringsten, nach 1 Tag schon grösser sind, und 3 tägige Stehdauer sie noch weiter erhöht. Die Absorption der Phosphorsäure ist mithin eine Funktion der Zeit.

5. Bei Versuchen mit geringen Phosphorsäuremengen (0,1 g je g Boden) wurde ebenfalls mehr durch kalkarme, als durch kalkhaltige Böden festgelegt. Die kalkhaltigen zeigten ein Absorptionsmaximum mit 0,2, und ein Minimum mit 0,8 N Lösung.

6. Nach eintägigem Stehen waren die Absorptionswerte geringer, als nach 1½ Stunden; doch wiesen die kalkarmen Böden auch in diesem Falle ein grösseres Absorptionsvermögen auf, als die kalkhaltigen. Die letzteren hatten ein Maximum mit 0,2, ein Minimum mit 1,0 N Lösung. Im Falle geringer Phosphorsäuremengen liegen demnach andere Zusammenhänge vor, als bei Zusatz mittlerer Phosphorsäuremengen.

7. Kalkhaltige und kalkarme Böden weichen in der Phosphorsäureabsorption voneinander ab. Bei den Kalkhaltigen liegt keine so bestimmte Regelmässigkeit vor, wie bei Böden ohne Kalk. Der wahrscheinliche Grund dafür ist wohl in den abweichenden Eigenschaften des Humuskomplexes bei kalkhaltigen bzw. kalkarmen Böden zu suchen.

8. In den Versuchen mit grossen Phosphorsäuremengen (10 mg je g Boden) ergaben sich grössere Absorptionswerte als mit weniger Phosphorsäure.

9. Werden die Böden auf Grund ihrer Absorptionsfähigkeit, bei mittleren zugesetzten Phosphorsäuremengen, in eine Reihenfolge gebracht, dann ist diese Serie identisch mit jener, die auf Grund der in Übersicht VI. verzeichneten Aktivität bzw. Inaktivität der Böden zusammengestellt werden kann.

10. In den Übersichten sind auch Absorptionswerte mit negativem Vorzeichen anzutreffen, was mit der Annahme zu erklären ist, dass die betreffenden Böden absorbierte Phosphorsäure an die Lösung abgaben.